

NS-US035183

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of :  
Atsushi TERAJI et al. :  
Serial No.: New :  
Filed: Herewith :  
For: FLAME PROPAGATION MODELING :  
METHOD :  
:

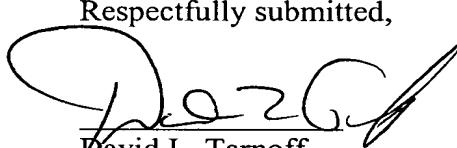
**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119**

The Assistant Commissioner of Patents  
Washington, DC 20231

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. §119, Applicants file herewith a certified copy of Japanese Application No. 2003-066547, filed March 12, 2003, in accordance with the International Convention for the Protection of Industrial Property, 53 Stat. 1748. Applicants hereby claim priority under 35 U.S.C. §119 in accordance with the International Convention for the Protection of Industrial Property, 53 Stat. 1748.

Respectfully submitted,



David L. Tarnoff  
Attorney of Record  
Reg. No. 32,383

SHINJYU GLOBAL IP COUNSELORS, LLP  
1233 Twentieth Street, NW, Suite 700  
Washington, DC 20036  
(202)-293-0444  
Dated: 2-5-04

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日 2003年 3月12日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-066547  
Application Number:

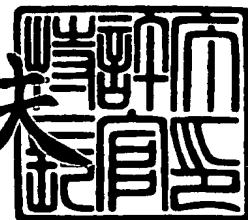
[ST. 10/C]: [JP2003-066547]

出願人 日産自動車株式会社  
Applicant(s):

2003年12月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 NM02-02726

【提出日】 平成15年 3月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F23N 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

【氏名】 寺地 淳

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

【氏名】 津田 剛

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

【氏名】 野田 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000003997

【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078330

【弁理士】

【氏名又は名称】 笹島 富二雄

【電話番号】 03-3508-9577

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009232

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705787

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 火炎伝播予測方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

単位体積当たりの火炎面を火炎面積密度とし、火炎の進行は火炎面積密度を輸送、生成、拡散することにより火炎伝播を予測する方法において、

火炎の進行を表す火炎面積密度の生成は、乱流燃焼による火炎の成長と層流燃焼による火炎の成長との2形態で表し、

乱流燃焼による火炎の成長は、化学反応特性時間に逆比例をし、かつ乱流レイノルズ数の関数であることを特徴とする火炎伝播予測方法。

【請求項 2】

単位体積当たりの火炎面を火炎面積密度とし、火炎の進行は火炎面積密度を輸送、生成、拡散することにより火炎伝播を予測する方法において、

火炎の進行を表す火炎面積密度の生成は、乱流燃焼による火炎の成長と層流燃焼による火炎の成長との2形態で表し、

層流燃焼による火炎の成長は、層流火炎速度と、既燃焼部及び未燃焼部の温度比とに比例をすることにより表し、かつカルロビッツ数の関数であることを特徴とする火炎伝播予測方法。

【請求項 3】

火炎の生成を表す火炎面積密度の生成は、前記乱流燃焼と前記層流燃焼との組み合わせにより表されることを特徴とした請求項1または請求項2記載の火炎伝播予測方法。

【請求項 4】

前記乱流燃焼による火炎の成長は、化学反応特性時間に逆比例をし、かつ乱流レイノルズ数のべき乗、および火炎のストレッチ率に比例することにより導出することを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか1つに記載の火炎伝播予測方法。

【請求項 5】

火炎の生成を表す火炎面積密度の輸送は、乱流燃焼による火炎の成長と層流燃

焼による火炎の成長との2形態で表し、

層流燃焼による火炎の成長は、層流火炎速度と、既燃焼部及び未燃焼部の温度比と、カルロビッツ数の指数関数とに比例することにより表すことを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか1つに記載の火炎伝播予測方法。

【請求項6】

前記指数関数を自然対数の底のカルロビッツ数乗とすることを特徴する請求項5記載の火炎伝播予測方法。

【請求項7】

乱流燃焼による火炎の成長を

【数1】

$$S_T = \alpha_1 (\text{Re } t)^{\alpha_2} \Gamma \frac{\varepsilon}{k} \Sigma$$

$S_T$ ：乱流燃焼による火炎の成長、 $\Sigma$ ：火炎面積密度、 $k$ ：乱流強度、

$\varepsilon$ ：乱流散逸率、 $\text{Re } t$ ：乱流レイノルズ数、 $\Gamma$ ：火炎伸長率、

$\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ ：モデル定数

にて表すことを特徴とする請求項1に記載の火炎伝播予測方法。

【請求項8】

層流燃焼による火炎の成長を

【数2】

$$S_L = \beta_1 \exp(-\beta_2 Ka) \frac{T_b}{T_u} U_L \Sigma$$

$S_L$ ：層流燃焼による火炎の成長、 $U_L$ ：層流火炎速度、 $T_b$ ：燃焼ガス温度、

$T_u$ ：未燃焼ガス温度、 $Ka$ ：カルロビッツ数、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ ：モデル定数

にて表すことを特徴とする請求項2に記載の火炎伝播予測方法。

【請求項9】

火炎の生成を表す火炎面積密度の輸送は、乱流燃焼による火炎の成長と層流燃焼による火炎の成長との2形態で表し、火炎の生成が空気から受ける抗力によっ

て抑制されることを特徴とした請求項1～請求項8のいずれか1つに記載の火炎伝播予測方法。

### 【請求項10】

火炎面積密度の輸送、生成、拡散を

### 【数3】

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial t} + \frac{\partial u_i \Sigma}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\nu_t}{\sigma_c} \frac{\partial \Sigma}{\partial x_i} \right) + \alpha_1 (\text{Re}t)^{\alpha_2} \Gamma \frac{\varepsilon}{k} \Sigma + \beta_1 \exp(-\beta_2 Ka) \frac{T_b}{T_u} U_L \Sigma - D$$

$\Sigma$ ：火炎面積密度、 $k$ ：乱流強度、 $\varepsilon$ ：乱流散逸率、

$\text{Re}t$ ：乱流レイノルズ数、 $\Gamma$ ：火炎伸長率、 $U_L$ ：層流火炎速度、

$T_b$ ：燃焼ガス温度、 $T_u$ ：未燃焼ガス温度、 $Ka$ ：カルロビッツ数、

$\nu_t$ ：乱流動粘性率、 $\sigma_c$ ：乱流シュミット数、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ ：モデル定数、

$D$ ：空気抗力

にて表すことを特徴とした請求項1～請求項9のいずれか1つに記載の燃焼速度導出方法。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、火炎伝播予測方法に関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

火炎伝播予測方法の一例として、非特許文献1に記載されているものがある。これは、単位体積当たりの火炎面を火炎面積密度とし、火炎の進行は火炎面積密度を輸送、生成、拡散することにより火炎伝播を予測する方法であり、火炎の生成を、乱流による生成、化学反応特性時間に逆比例をし、火炎の伸長率に比例するようにモデル化し、火炎伝播を予測するものである。

#### 【0003】

##### 【非特許文献1】

「Combustion and Flame」, 1995年, p. 101-117

**【0004】****【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、前述の方法においては、乱流が小さい場合、化学反応特性時間が非常に大きくなり、火炎の伝播は再現されない結果となるため、火炎伝播の予測は不可能であるという問題があった。

**【0005】**

また、燃焼形態が異なる場の燃焼を再現する場合、それぞれの燃焼形態において火炎の生成に定数を掛け、実験値に合わせる必要が生じる。

本発明はこのような問題に鑑み、様々な形態の燃焼に対応するような火炎伝播の予測方法を提供することを目的とする。

**【0006】****【課題を解決するための手段】**

そのため本発明では、火炎の進行を表す火炎面積密度の生成は、乱流燃焼による火炎の成長と層流燃焼による火炎の成長との2形態で表し、乱流燃焼による火炎の成長は、化学反応特性時間に逆比例をし、かつ乱流レイノルズ数の関数であるようにした。

**【0007】**

また本発明では、火炎の進行を表す火炎面積密度の生成は、乱流燃焼による火炎の成長と層流燃焼による火炎の成長との2形態で表し、層流燃焼による火炎の成長は、層流火炎速度と、既燃焼部及び未燃焼部の温度比とに比例をすることにより表し、かつカルロビッツ数の関数であるようにした。

**【0008】****【発明の効果】**

本発明によれば、乱流燃焼による乱流火炎は乱流混合に強く支配され、燃焼反応は乱流混合とともに進行する。そして、乱流混合は、乱流レイノルズ数に強く相関があることから、乱流燃焼による火炎の成長を乱流レイノルズ数の関数で表すことにより、様々な強い乱流場において火炎伝播を予測することが可能となる。

**【0009】**

また本発明によれば、層流燃焼は乱れがそれほど強くなく、燃焼過程は化学反応に支配されると考えられ、その燃焼形態は、コルモゴルフ特性時間と化学反応の特性時間との比であるカルロビツ数に特徴づけられることから、カルロビツ数により関数化することにより、様々な弱い乱流場において火炎伝播を予測することが可能となる。

#### 【0010】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面に基づき、本発明の実施形態について説明する。

図1は、火炎面積密度 $\Sigma$ を示す概念図である。

#### 【0011】

実際の火炎は非常に薄いため、これを精度良く解くためには、火炎帯厚さよりも小さな計算格子の生成が必要となる。しかしながら、エンジンまたは燃焼器に適用するには計算格子の数が膨大となってしまい、計算コストが非常にかかるてしまう。このため、図示のように、単位体積当たりの火炎の面積を考慮することにより、火炎帯厚さよりも大きな計算格子を用いた場合であっても火炎伝播を精度良く計算可能としたものである。

#### 【0012】

図2は、燃焼開始時期における火炎の成長を示す概念図であり、横軸は点火後の経過時間 (Time after ignition) 、縦軸は火炎の放射 (Flame radius) を示している。なお、図中の実線 $S_T$ は乱流燃焼による火炎の成長、破線 $S_L$ は層流燃焼による火炎の成長をそれぞれ示している。

#### 【0013】

燃焼開始直後において、燃焼は層流火炎によって成長を行い、次第に乱流燃焼が生成され、時間の経過と共に、乱流燃焼の大きさは層流火炎が無視できるほど大きくなる ( $S_1 > S_2$ )。火炎面積密度 $\Sigma$ の生成を、乱流火炎および層流火炎の成長により表すことにより、火炎の成長を表している。そして、火炎面積密度 $\Sigma$ の生成は、乱流燃焼による火炎の成長 $S_T$ と層流燃焼による火炎の成長 $S_L$ との2形態を組み合わせることで表している。

#### 【0014】

ここで、乱流燃焼による火炎の成長  $S_T$  は、化学反応特性時間に逆比例をし、かつ乱流レイノルズ数の関数であり、(数4)式により表す。

### 【0015】

#### 【数4】

$$S_T = \alpha_1 (\text{Re } t)^{\alpha_2} \Gamma \frac{\varepsilon}{k} \Sigma$$

$S_T$ ：乱流燃焼による火炎の成長、 $\Sigma$ ：火炎面積密度、 $k$ ：乱流強度、

$\varepsilon$ ：乱流散逸率、 $\text{Re } t$ ：乱流レイノルズ数、 $\Gamma$ ：火炎伸長率、

$\alpha_1, \alpha_2$ ：モデル定数

### 【0016】

また、層流燃焼による火炎の成長  $S_L$  は、層流火炎速度  $U_L$  と、既燃焼部及び未燃焼部の温度比 ( $T_b / T_u$ ) とに比例をすることにより表し、かつカルロビツツ数の関数であり、(数5)式により表す。

### 【0017】

#### 【数5】

$$S_L = \beta_1 \exp(-\beta_2 Ka) \frac{T_b}{T_u} U_L \Sigma$$

$S_L$ ：層流燃焼による火炎の成長、 $U_L$ ：層流火炎速度、 $T_b$ ：燃焼ガス温度、

$T_u$ ：未燃焼ガス温度、 $Ka$ ：カルロビツツ数、 $\beta_1, \beta_2$ ：モデル定数

### 【0018】

図3は、本発明の火炎伝播予測モデルを用いた解析例であり、横軸は上死点後のクランク角 (deg. ATDC)、縦軸は圧力 (MPa) および熱発生 (dQ/dθ) を示している。そして、これらの計算値と実験値とを示している。

### 【0019】

図4は、本発明の火炎伝播予測モデルを用いた解析例である火炎面積密度  $\Sigma$  の分布を示す図である。ここで、(数6)式の  $\alpha_2$  は 0.5 とし、乱流レイノルズ数の平方根とするのが最も良い結果を得られる。

## 【0020】

## 【数6】

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial t} + \frac{\partial u_i \Sigma}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\nu_t}{\sigma_c} \frac{\partial \Sigma}{\partial x_i} \right) + \alpha_1 (\text{Re}_t)^{\alpha_2} \Gamma \frac{\varepsilon}{k} \Sigma + \beta_1 \exp(-\beta_2 Ka) \frac{T_b}{T_u} U_L \Sigma - D$$

$\Sigma$ ：火炎面積密度、 $k$ ：乱流強度、 $\varepsilon$ ：乱流散逸率、

$\text{Re}_t$ ：乱流レイノルズ数、 $\Gamma$ ：火炎伸長率、 $U_L$ ：層流火炎速度、

$T_b$ ：燃焼ガス温度、 $T_u$ ：未燃焼ガス温度、 $Ka$ ：カルロビッツ数、

$\nu_t$ ：乱流動粘性率、 $\sigma_c$ ：乱流シユミット数、 $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ ：モデル定数、

$D$ ：空気抗力

## 【0021】

図5は、燃焼形態が異なる場の燃焼を再現する場合における解析フローを示す図である。

ステップ1（図には「S1」と示す。以下同様）では、流体解析モデル（メッシュデータ）を入手する。

## 【0022】

ステップ2では、実験条件（吸気温度、空燃比など）を入手する。

ステップ3では、流体解析メッシュ（格子）を読み込む。

ステップ4では、後述する図6のフローチャートから解析条件を設定する。

## 【0023】

そして、これらのステップにて解析モデルから計算用解析格子を生成し、実験値および他のシミュレーションにより導出した初期解析条件および着火時期などの設定を行う。なお、解析の対象がエンジンの場合には、吸気バルブ及び排気バルブの動作プロファイルと、ピストン運動のプロファイルとの設定を行う。

## 【0024】

ここで、図6の解析条件設定フローについて説明する。

ステップ11～15では、吸気ガス組成の決定、境界条件の設定、物性の定義、初期条件の設定、化学反応及び燃焼関係についてそれぞれの処理を行う。

## 【0025】

再度図5を参照して、ステップ5では、設定した初期値に基づき、エンジンまたは燃焼器などの燃焼室内におけるガス流動や燃料などの輸送、拡散、および燃料噴霧の計算を行う。ガス流動や燃料などの輸送及び拡散は、各種差分法、有限要素法、有限体積法などを使用して流体方程式を離散化して解き、乱流の導出には直接数値計算の他、Large Eddy Simulationや  $k - \epsilon$  モデルに代表される各種乱流モデルを使用して解き、ガス流動を精度良く解くとともに、火炎伝播予測に必要な乱流強度  $k$ 、乱流散逸率  $\epsilon$ 、乱流レイノルズ数  $Re_t$ 、及びカルロビッツ数  $Ka$  を導出する。

#### 【0026】

ここで、前述の層流火炎速度  $U_L$  は、実験やデータベースを使用するほか、例えば、KeckやGulderらが開発した各種層流火炎速度モデル、または詳細化学反応モデルから導出した層流火炎速度を使用する。

#### 【0027】

ステップ6では、燃焼が開始しているか否か、すなわち着火時期がステップ4で設定した着火時期以降であるか否かの判定を行う。燃焼が開始していると判定した場合には、ステップ7へ進む。一方、燃焼が開始していないと判定した場合には、前述のステップ5へ戻り、処理を繰り返す。

#### 【0028】

ステップ7では、火炎面積密度  $\Sigma$  の輸送を前述の（数6）式もしくは（数7）式に基づいて計算を行う。

#### 【0029】

##### 【数7】

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial t} + \frac{\partial u_i \Sigma}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\nu_t}{\sigma_c} \frac{\partial \Sigma}{\partial x_i} \right) + f(Re_t) \Gamma \frac{\epsilon}{k} \Sigma + f(Ka) \frac{T_b}{T_u} U_L \Sigma - D$$

$\Sigma$ ：火炎面積密度、  $k$ ：乱流強度、  $\epsilon$ ：乱流散逸率、

$Re_t$ ：乱流レイノルズ数、  $\Gamma$ ：火炎伸長率、  $U_L$ ：層流火炎速度、

$T_b$ ：燃焼ガス温度、  $T_u$ ：未燃焼ガス温度、  $Ka$ ：カルロビッツ数、

$\nu_t$ ：乱流動粘性率、  $\sigma_c$ ：乱流シユミット数、  $D$ ：空気抗力

## 【0030】

なお、(数6)式もしくは(数7)式は、ガス流動などと同様、各種差分解法や有限要素法、有限体積法を使用して離散化して解く。

ここで火炎伸長率 $\Gamma$ は、火炎のストレッチおよびクエンチを表す係数であり、ここでは、Poinsetらが開発した積分長さスケール及び火炎帶厚さの比と、乱れ強さ及び層流燃焼速度の比との関数であり、火炎と渦との相互作用の直接数値シミュレーションから正味の火炎広がりを間欠乱流に関する実験データをもとに関数化したものであるITNFS (Intermittent Turbulence Net Flame Stretch) モデルを使用している。また、火炎が空気から受ける抵抗力(火炎の抗力)を表すDは、ここではPoinsetらが開発を行なった(数8)式を使用している。なおこれらは、他の式を用いてもよい。

## 【0031】

## 【数8】

$$D = \gamma \frac{U_L + Ck^{\frac{1}{2}}}{Y_F / Y_{FV}} \Sigma^2$$

$Y_F$ ：燃料質量分率、 $Y_{FV}$ ：未燃燃料質量分率

## 【0032】

また、着火時期の初期火炎面積密度 $\Sigma$ の大きさは、予め定められた火炎核の大きさに基づき、着火時の燃料消費量 $m_F$ によって(数9)式により定めることができる。なお、火炎核は、空燃比および乱流強度等から定まる着火モデルより決定してもよい。

## 【0033】

## 【数9】

$$\omega_{Fchem} = m_F U_L \Sigma$$

$\omega_{Fchem}$ ：燃料消費率、 $m_F$ ：燃料量

## 【0034】

ステップ8では、既燃焼部及び未燃焼部の温度比（ $T_b/T_u$ ）と、燃料消費量を導出する。そして、火炎面積密度 $\Sigma$ の輸送から場の燃料消費率 $\omega_{Fchem}$ を（数9）式によって求め、（数10）式によって燃料の輸送および拡散を離散化することに解く。

### 【0035】

#### 【数10】

$$\frac{\partial Y_F}{\partial t} + \frac{\partial u_i Y_F}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\nu_t}{\sigma_c} \frac{\partial Y_F}{\partial x_i} \right) + \omega_{Fchem} + \omega_{Fevap}$$

$\omega_{Fevap}$  : 燃料噴霧の気化による増加分

### 【0036】

ステップ9では、ポスト処理を行う。

これまでのステップ5～9において、予め定められた時間刻み、及びステップ数で解くことにより、燃焼室内の火炎伝播を予測する。

### 【0037】

本実施形態によれば、火炎の進行を表す火炎面積密度 $\Sigma$ の生成は、乱流燃焼による火炎の成長 $S_T$ と層流燃焼による火炎の成長 $S_L$ との2形態で表し、乱流燃焼による火炎の成長 $S_T$ は、化学反応特性時間に逆比例をし、かつ乱流レイノルズ数の関数である。このため、乱流燃焼による乱流火炎は乱流混合に強く支配され、燃焼反応は乱流混合とともに進行する。そして、乱流混合は、乱流レイノルズ数に強く相関があることから、乱流燃焼による火炎の成長を乱流レイノルズ数の関数で表すことにより、様々な強い乱流場において火炎伝播を予測することが可能となる。

### 【0038】

また本実施形態によれば、火炎の進行を表す火炎面積密度の生成は、乱流燃焼による火炎の成長 $S_T$ と層流燃焼による火炎の成長 $S_L$ との2形態で表し、層流燃焼による火炎の成長 $S_L$ は、層流火炎速度 $U_L$ と、既燃焼部及び未燃焼部の温度比（ $T_b/T_u$ ）とに比例をすることにより表し、かつカルロビッツ数の関数（ $\exp(-\beta_2 K_a)$ ）である。このため、層流燃焼は乱れがそれほど強くな

く、燃焼過程は化学反応に支配されると考えられ、その燃焼形態は、コルモゴルフ特性時間と化学反応の特性時間との比であるカルロビッツ数に特徴づけられることから、カルロビッツ数により関数化することにより、様々な弱い乱流場において火炎伝播を予測することが可能となる。

#### 【0039】

また本実施形態によれば、火炎の生成を表す火炎面積密度  $\Sigma$  の生成は、乱流燃焼と層流燃焼との組み合わせにより表される。このため、さらに乱流レイノルズ数によって関数化された乱流火炎の生成と、カルロビッツ数によって関数化された層流火炎の生成との組み合わせによって火炎の生成を表すことにより、層流燃焼と乱流燃焼との双方に支配的な燃焼形態においても火炎伝播を予測することが可能となる。そして、乱流が非常に弱い場の燃焼において、燃焼開始時期は乱流レイノルズ数が非常に小さく、層流燃焼に支配的であるが、燃焼が生成する乱流によって次第に乱流レイノルズ数が大きくなり、乱流による燃焼も強くなるような燃焼においても火炎伝播を予測することが可能となる。

#### 【0040】

また本実施形態によれば、乱流燃焼による火炎の成長  $S_T$  は、化学反応特性時間に逆比例をし、かつ乱流レイノルズ数のべき乗  $(Re_t)^\alpha/2$ 、および火炎のストレッチ率  $\Gamma$  に比例することにより導出する。このため、さらに乱流火炎は乱流混合に強く支配され、燃焼反応は乱流混合とともに進行する。そして、乱流混合は乱流レイノルズ数に強く相関があることから、乱流燃焼による火炎の成長  $S_T$  を乱流レイノルズ数のべき乗  $(Re_t)^\alpha/2$  とすることにより、場の乱れが強くなるにつれて火炎速度が速くなることが再現可能であり、様々な強い乱流場において火炎伝播を予測することが可能となる。

#### 【0041】

また本実施形態によれば、火炎の生成を表す火炎面積密度の輸送は、乱流燃焼による火炎の成長  $S_T$  と層流燃焼による火炎の成長  $S_L$  との 2 形態で表し、層流燃焼による火炎の成長  $S_L$  は、層流火炎速度  $U_L$  と、既燃焼部及び未燃焼部の温度比  $(T_b/T_u)$  と、カルロビッツ数の指数関数  $(exp(-\beta_2 Ka))$  とに比例することにより表す。このため、層流燃焼の生成をカルロビッツ数の指数

関数 ( $e \times p (-\beta_2 K a)$ ) とすることにより、場の乱れが小さいときには層流燃焼の生成を大きく、場の乱れが大きいときには層流燃焼の生成を小さくすることが可能であり、層流燃焼による火炎の成長  $S_T$  および消炎を再現可能となり、様々な弱い乱流場において火炎伝播を予測することが可能となる。

#### 【0042】

また本実施形態によれば、指数関数 ( $e \times p (-\beta_2 K a)$ ) を自然対数の底のカルロビツ数乗 ( $-\beta_2 K a$ ) とする。このため、より精度良く層流燃焼による火炎の成長  $S_T$  および消炎を再現可能となり、様々な弱い乱流場において火炎伝播を予測することが可能となる。

#### 【0043】

また本実施形態によれば、乱流燃焼による火炎の成長  $S_T$  を (数4) 式にて表す。このため、場の乱れが強くなるにつれて火炎速度が速くなることが再現可能であり、様々な強い乱流場において火炎伝播を予測することが可能となる。

#### 【0044】

また本実施形態によれば、層流燃焼による火炎の成長を (数5) にて表す。このため、場の乱れが大きいときには層流燃焼の生成を小さくすることが可能であり、層流燃焼による火炎の成長  $S_L$  および消炎を再現可能となり、様々な弱い乱流場において火炎伝播を予測することが可能となる。

#### 【0045】

また本実施形態によれば、火炎の生成を表す火炎面積密度  $\Sigma$  の輸送は、乱流燃焼による火炎の成長  $S_T$  と層流燃焼による火炎の成長  $S_L$  との2形態で表し、火炎の生成が空気から受ける抗力  $D$  によって抑制される。このため、火炎の生成が空気から受ける抗力  $D$  により抑制されることにより表すことにより、層流燃焼と乱流燃焼の双方に支配的な燃焼形態において、空気から火炎が抵抗  $D$  を受ける効果を再現可能であり、精度良く火炎伝播を予測可能となる。

#### 【0046】

また本実施形態によれば、火炎面積密度の輸送、生成、拡散を (数6) にて表す。このため、乱流燃焼、層流燃焼の生成および火炎が空気から受ける抵抗  $D$  を現すことが可能となり、層流燃焼と乱流燃焼の双方に支配的な燃焼形態において

も精度よく火炎伝播を予測することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】火炎面積密度を示す概念図

【図2】燃焼開始時期における火炎の成長を示す概念図

【図3】圧力および熱発生の計算値と実験値とを示す図

【図4】火炎面積密度の分布を示す図

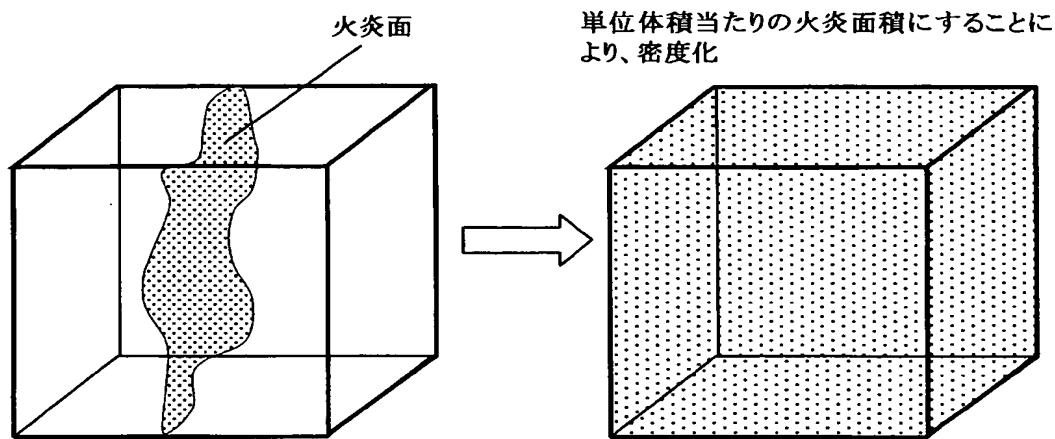
【図5】燃焼形態が異なる場の燃焼を再現する場合における解析フロー

【図6】解析条件設定フロー

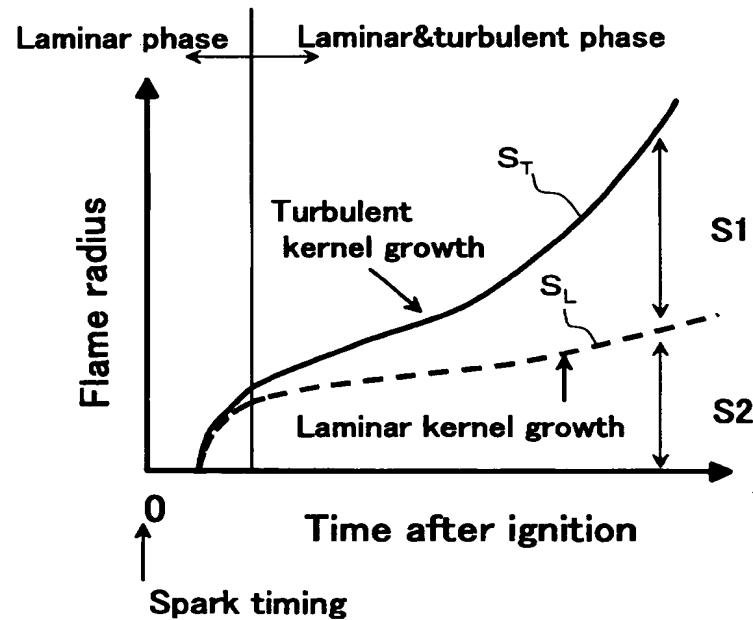
【書類名】

図面

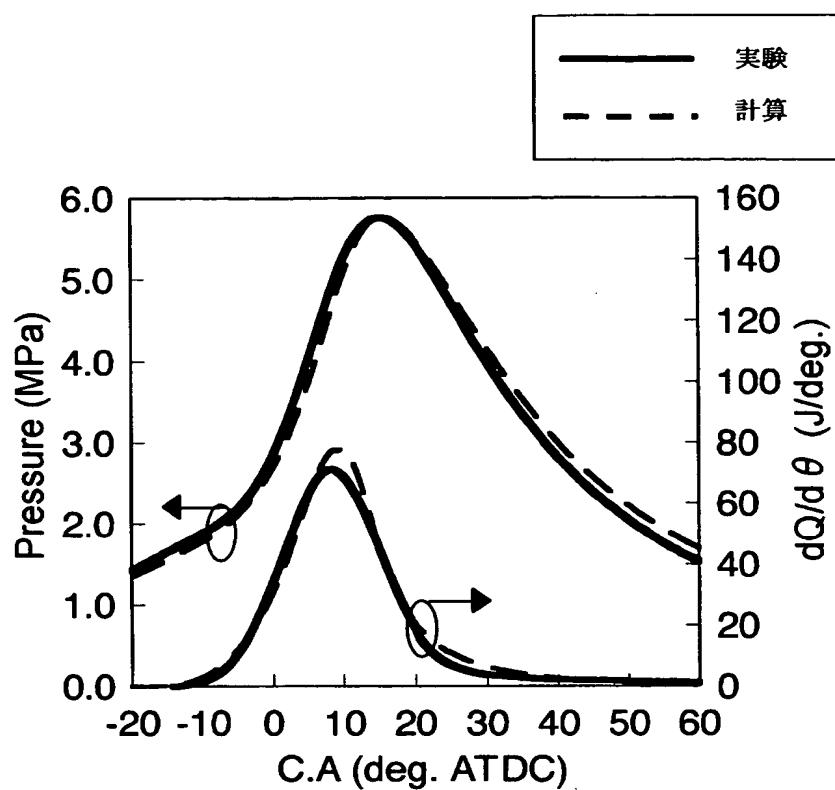
【図1】



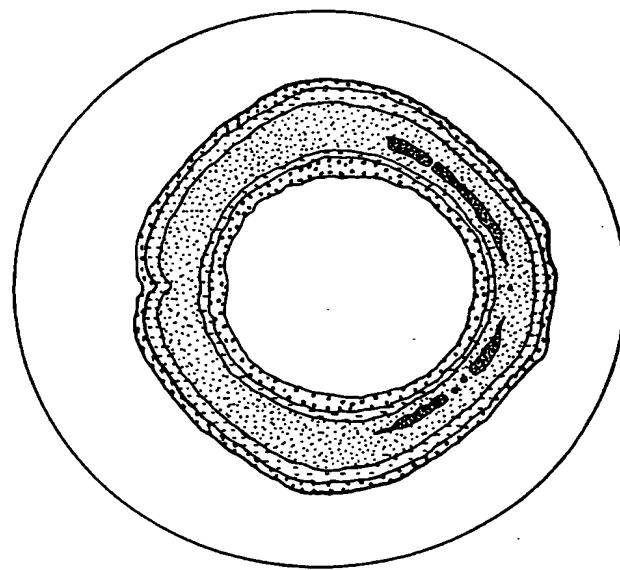
【図2】



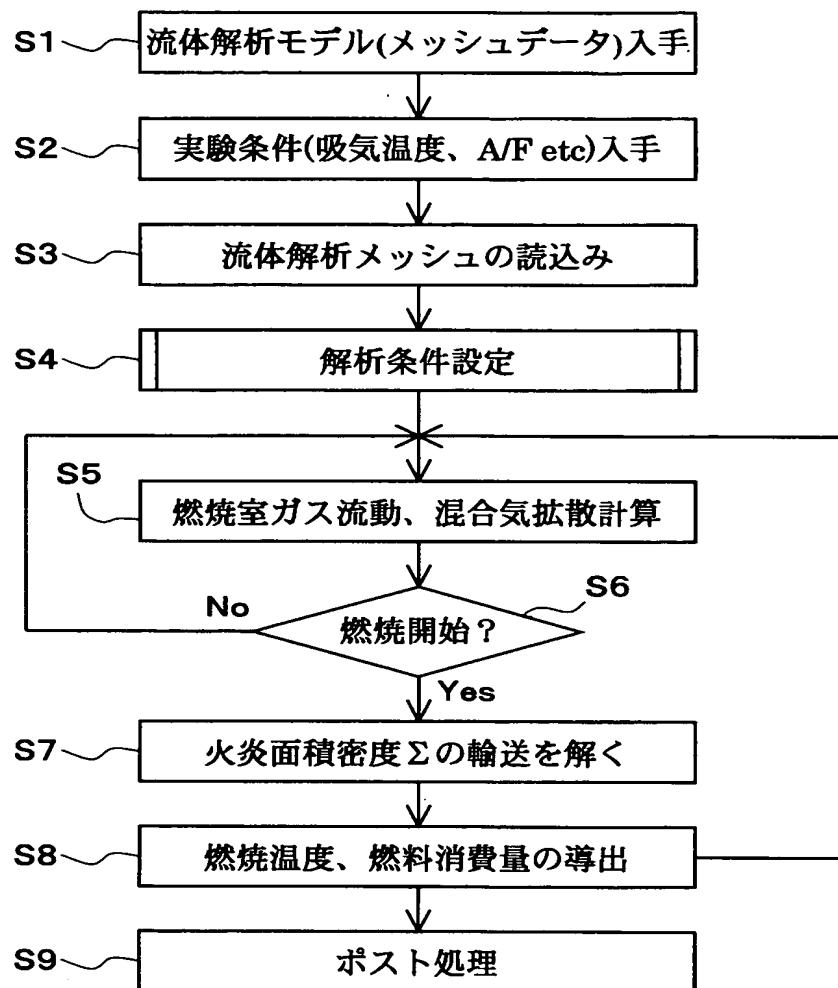
【図3】



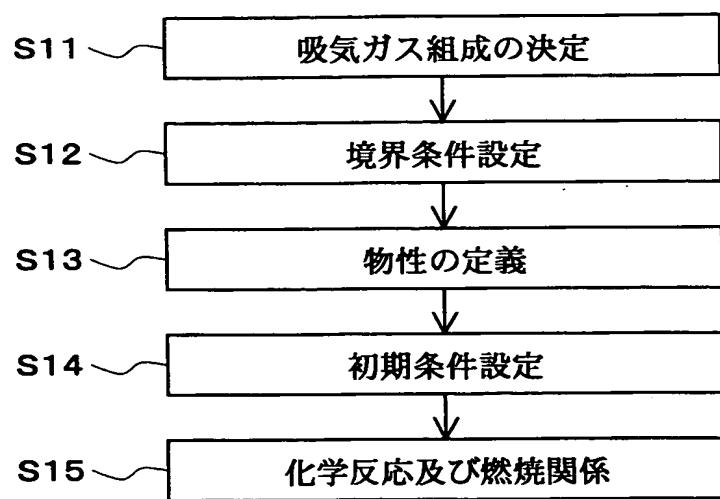
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 様々な形態の燃焼に対応するような火炎伝播の予測方法を提供する。

【解決手段】 単位体積当たりの火炎面を火炎面積密度  $\Sigma$  とし、火炎の進行は火炎面積密度  $\Sigma$  を輸送、生成、拡散することにより火炎伝播を予測する方法において、火炎の進行を表す火炎面積密度の生成は、乱流燃焼による火炎の成長と層流燃焼による火炎の成長との2形態で表し、火炎の進行を表す火炎面積密度の生成は、乱流燃焼による火炎の成長と層流燃焼による火炎の成長との2形態で表し、乱流燃焼による火炎の成長は、化学反応特性時間に逆比例をし、かつ乱流レインノルズ数の関数であるようにした。そして、層流燃焼による火炎の成長は、層流火炎速度と、既燃焼部及び未燃焼部の温度比とに比例をすることにより表し、かつカルロビツ数の関数であるようにした。

【選択図】 図5

特願 2003-066547

出願人履歴情報

識別番号 [000003997]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地  
氏 名 日産自動車株式会社